

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068323
(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.CI.

H01F 1/16
H01K 1/14

(21)Application number : 11-240309

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 26.08.1999

(72)Inventor : OMORI HIROSHI
TOMIOKA TATSUYA

(54) POWDER MOLDING SOFT MAGNETIC MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve still more punching processability by a method wherein a powder molding soft magnetic material specifies an inclusion ratio of micro-pore.

SOLUTION: In a powder molding soft magnetic material, an inclusion ratio of micro-pore is more than 0.01 area % and less than 1 area %. In this case, it is preferable that the inclusion ratio of micro-pore is about 0.01 area % or more, or about 0.03 area % or more, on the contrary, preferably about 0.3 area % or less, or about 0.2 area % or less. Furthermore, when punching processability is improved and additionally cold rolling processability is also improved, a crystal particle size is 100 μm or less. Furthermore, when a plate thickness is increased, the punching processability is lowered, and also as an overcurrent loss is increased, the plate thickness is 0.3 mm or less. Furthermore, as a soft magnetic material, there are Fe-Si system, Fe-Cr system, and the like, and in case of the Fe-Si system, the Si inclusion amount is about 4.5 to 12 wt.%.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11)特許出願公開番号

特開2001-68323

(P 2 0 0 1 - 6 8 3 2 3 A)

(43)公開日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(51) Int. Cl.

H01F 1/16
H01K 1/14

識別記号

F I

H01F 1/16
H01K 1/14

テーマコード (参考)

A 5E041

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平11-240309

(22)出願日 平成11年8月26日(1999.8.26)

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72)発明者 大森浩志

愛知県名古屋市緑区潮見ヶ丘3-65

(72)発明者 富岡達也

愛知県名古屋市中川区明徳町2の7

(74)代理人 100077610

弁理士 小塩豊

Fターム(参考) 5E041 AA02 AA11 AA19 BD01 CA01

HB05 NN06

(54)【発明の名称】粉末成形軟磁性材料

(57)【要約】

【課題】 打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料を提供する。

【解決手段】 打ち抜き加工性改善のためにミクロポアの含有率が0.01面積%超過1面積%未満であるものとし、さらには冷間圧延加工性をも改善するために結晶粒径が100μm以下であるものとした粉末成形軟磁性材料。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ミクロボアの含有率が0.01面積%超過1面積%未満であることを特徴とする打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料。

【請求項2】 結晶粒径が100μm以下であることを特徴とする請求項1に記載の冷間圧延加工性および打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料。

【請求項3】 板厚が0.3mm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料。

【発明の詳細な説明】

本発明は、粉末成形軟磁性材料に係わり、とくに、粉末成形により成形加工されていると共に打ち抜き加工に際して割れやかえり等の不具合の発生が少ない打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料に関するものである。

【0001】

【従来の技術】 従来、軟磁性材料としては、パーマロイ、珪素鋼板、センダスト等の各種のものがある。

【0002】 このうち、例えば、珪素鋼板は、Si含有量6.5重量%近辺であるときがその磁歪が最小であって好ましい組成のものであるといえるが、このFe-Si系材料においてはSi含有量が多くなるにつれて加工性が悪くなり、4.5重量%を超えると冷間圧延加工が不可能になる。

【0003】 そこで、例えば、加工性の良いFe-3重量%Si合金を冷間圧延加工により成形して薄板とし、SiC1等の使用によるSi含有雰囲気中で加熱することによって表面のSi含有量を高めたあと加熱してSiを拡散することにより全体的にSi含有量を6.5重量%とする方法も考えられたが、コスト高になるという問題点があった。

【0004】 また、粉末冶金の手法によりFe-6.5重量%Siの薄板を製造することも種々試みられているが、高Si含有量であるため冷間加工性が劣り、例えば打ち抜き加工した場合には割れやかえりなどの不具合の発生量が多くなるという問題点があった。

【0005】

【発明の目的】 本発明は、このような従来の問題点を解消するためになされたものであって、打ち抜き加工性がより一層改善されたFe-6.5重量%Si等の粉末成形軟磁性材料を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係わる打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料は、請求項1に記載しているように、ミクロボアの含有率が0.01面積%超過1面積%未満であるものとしたことを特徴としている。

【0007】 そして、本発明に係わる打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料においては、請求項2に

記載しているように、結晶粒径が100μm以下であるものとして冷間圧延加工性をも改善されたものとすることができる。

【0008】 同じく、本発明に係わる打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料は、請求項3に記載しているように、板厚が0.3mm以下であるものとすることがより望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】 本発明に係わる粉末成形軟磁性材料は、ミクロボアの含有率が0.01面積%超過1面積%未満であるものとしているが、この場合、ミクロボアの含有率が0.01面積%以下であると打ち抜き加工性が改善されたものとはなりがたく、0.02面積%以上ないしは0.03面積%以上とするのがより好ましいが、反対に、1面積%以上であると軟磁性材料としての磁気特性に悪影響を及ぼすこととなるので好ましくは、0.3面積%以下ないしは0.2面積%以下とするのがより望ましい。

【0010】 また、打ち抜き加工性を改善するほか冷間圧延加工性をも改善したものとする場合には結晶粒径を100μm以下とすることが望ましく、さらには80μm以下とすることが望ましい。

【0011】 さらに、板厚が大きいと打ち抜き加工性が低下すると共に、渦電流損失が大きなものとなるので板厚は0.3mm以下であるものとすることがより望ましい。

【0012】 さらにまた、本発明が適用される軟磁性材料としては、Fe-Si系、Fe-Cr系等従来既知のものがあるが、例えば、Fe-Si系の場合にはSi含有量4.5重量%以上12重量%以下であるものとすることがより望ましく、Si含有量が4.5重量%よりも少ないと磁歪が大きくなり電気抵抗も低くなるので交流用の軟磁性材料として好ましくないものとなる。また、Si含有量が4.5重量%のものは通常の溶解法により製造した熱間圧延材を冷間圧延することによって製造可能であり、本プロセスを適用する必要性はない。他方、Si含有量が12重量%よりも多いと飽和磁束密度の低下に加え電気抵抗が低下するので好ましくなく、8重量%以下とするのがより好ましい。

【0013】

【実施例】 以下、本発明の実施例について説明するが、本発明はこのような実施例のみに限定されないことはいうまでもない。

【0014】 (実施例1～4) Fe粉末とFe-18重量%Si粉末とをFe-6.5重量%Siの組成となるように配合して混合したのち粉末圧延し、Ar雰囲気中1300℃×5分の焼結を行ったのち圧下率5%の冷間圧延を行ってFe-6.5重量%組成の軟磁性珪素鋼板を得た。

【0015】 そして、得られた軟磁性珪素鋼板における

詳細成分組成、ミクロポアの含有率および結晶粒径を調べたところ、表1の実施例1～4の欄に示す結果であった。

【0016】(比較例1) Fe粉末とFe-18重量%Si粉末とをFe-6.5重量%Siの組成となるように配合して混合したのち粉末圧延し、Ar雰囲気中1050°C×5分の低温焼結を行ったのち圧下率15%の冷間圧延を行い、さらに1300°C×5分の高温焼鈍を施したのち圧下率5%の冷間圧延を行い、さらに750°Cで焼鈍を施したあと圧下率5%の冷間圧延を行ってFe-6.5重量%組成の軟磁性珪素鋼板を得た。

【0017】そして、得られた軟磁性珪素鋼板における詳細な成分組成、ミクロポアの含有率および結晶粒径を調べたところ、表1の比較例1の欄に示す結果であった。

【0018】(比較例2) Fe-3重量%Siよりなる珪素鋼板について、SiC1_xを使用したCVDA法に

より表面のSi含有量を高め、次いで、1200°Cで20分の拡散処理を施して全体のSi含有量が6.5重量%となるようにした。

【0019】そして、ここで得られた軟磁性珪素鋼板における詳細な成分組成、ミクロポアの含有率および結晶粒径を調べたところ、表1の比較例2の欄に示す結果であった。

【0020】(比較例3) 実施例1で得た軟磁性珪素鋼板に対し1300°Cで2時間の高温焼鈍を施して結晶粒を調整したのち冷間圧延を行おうとしたところ、帯状に圧延することはできなかった。

【0021】(比較例4) 実施例1で得た軟磁性珪素鋼板に対し1300°Cで4時間の高温焼鈍を施して結晶粒を調整したのち冷間圧延を行おうとしたところ、帯状に圧延することはできなかった。

【0022】

【表1】

| 区分 | C | Si | Mn | P | S | ミクロポアの含有率(面積%) | 結晶粒径(μm) | 備考 |
|------|------------------------------------|-----------|-------|-------|------|----------------|------------|----|
| 実施例1 | 0.0066.51 | 0.020.002 | 0.002 | 0.002 | 0.05 | 65 | | |
| 実施例2 | 0.0056.49 | 0.010.002 | 0.002 | 0.003 | 0.02 | 85 | | |
| 実施例3 | 0.0066.45 | 0.020.001 | 0.002 | 0.002 | 0.22 | 73 | | |
| 実施例4 | 0.0046.55 | 0.010.001 | 0.003 | 0.003 | 0.13 | 50 | | |
| 比較例1 | 0.0076.37 | 0.180.003 | 0.003 | 0.003 | 0.01 | 98 | | |
| 比較例2 | 0.0046.25 | 0.150.001 | 0.002 | 0.002 | - | 150 | (市販のCVD材) | |
| 比較例3 | 0.0036.42 | 0.030.003 | 0.003 | 0.003 | 0.08 | 120 | (帯状に圧延できず) | |
| 比較例4 | 0.0056.48 | 0.050.001 | 0.002 | 0.002 | 0.06 | 150 | (帯状に圧延できず) | |
| 備考 | ミクロポアの含有率：100倍×20視野における面積率(ルーゼックス) | | | | | | | |

(抗折試験結果) 実施例1～4および比較例1～4で得たFe-6.5重量%Si珪素鋼板について、抗折試験を行うにあたり、試験片形状として、幅5mm、厚さ0.2mm、長さ40mmのものを用い、標点間距離を

25mmにして抗折力およびたわみ量を測定したことろ、表2に示すような結果であった。

【0023】

【表2】

| 抗折試験結果 | | |
|--------|-------------------------|----------|
| 区分 | 抗折力(N/mm ²) | たわみ量(mm) |
| 実施例1 | 389 | 1.95 |
| 実施例2 | 392 | 1.94 |
| 実施例3 | 385 | 1.85 |
| 実施例4 | 397 | 1.82 |
| 比較例1 | 407 | >2 |
| 比較例2 | 395 | 1.56 |
| 比較例3 | 375 | 1.54 |
| 比較例4 | 373 | 1.43 |

表2に示すように、実施例1～4および比較例1～2では抗折力が大きなものであったが、比較例3～4では抗折力が低いものとなっていた。

【0024】また、実施例1～4および比較例1のもの

ではたわみ量が多いものであったが、比較例2～4ではたわみ量が少ないものとなっていた。

【0025】(直流磁気特性) 実施例1～4および比較例1～2で得たFe-6.5重量%Si珪素鋼板につい

て、直流磁気特性を調べたところ、表3に示すとおりであつた。

【0026】

【表3】

| 区分 | 直流磁気特性 | | | | | μ_m | $Hc(0e)$ | $Br(G)$ | $\rho(\mu\Omega \cdot cm)$ |
|------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|----------|---------|----------------------------|
| | B1(G) | B2(G) | B5(G) | B10(G) | B25(G) | | | | |
| 実施例1 | 9300 | 9850 | 10400 | 10850 | 12350 | 15800 | 0.32 | 11400 | 85 |
| 実施例2 | 9100 | 9700 | 10350 | 10700 | 12400 | 15300 | 0.30 | 11050 | 83 |
| 実施例3 | 8400 | 9200 | 9800 | 10300 | 12300 | 14800 | 0.38 | 10860 | 82 |
| 実施例4 | 8900 | 9500 | 11000 | 11400 | 12450 | 15200 | 0.35 | 10870 | 85 |
| 比較例1 | 9700 | 10300 | 11000 | 11500 | 12550 | 16800 | 0.28 | 11300 | 78 |
| 比較例2 | 9800 | 10400 | 11000 | 11400 | 12400 | 17300 | 0.30 | 10500 | 75 |

表3に示すように、ミクロポア含有率による直流磁気特性への若干の影響が認められた。

【0027】（交流磁気特性）実施例1～4および比較例1～2で得たFe-6.5重量%Si珪素鋼板について

て、交流磁気特性を調べたところ、表4に示すとおりであつた。

【0028】

【表4】

| 区分 | 交流磁気特性 (鉄損 P c (W/kg)、Bm=1T、0.1t) | | | | | |
|------|-----------------------------------|-------|------|------|------|-------|
| | 50Hz | 400Hz | 1KHz | 2KHz | 5KHz | 10KHz |
| 実施例1 | 84 | 9.3 | 30.4 | 73.1 | 263 | 752 |
| 実施例2 | 86 | 9.4 | 30.9 | 75.0 | 267 | 768 |
| 実施例3 | 92 | 9.8 | 32.1 | 76.3 | 273 | 778 |
| 実施例4 | 89 | 9.6 | 31.7 | 75.9 | 271 | 772 |
| 比較例1 | 83 | 9.1 | 28.3 | 71.2 | 253 | 742 |
| 比較例2 | 84 | 9.2 | 30.5 | 73.5 | 265 | 763 |

表4に示すように、ミクロポア含有率による交流磁気特性への影響は大きく認められなかった。

【0029】（打ち抜き性）実施例1～4および比較例1～2で得たFe-6.5重量%Si珪素鋼板について、JIS C 2550（電磁鋼板試験方法）で測定

する“切断かえり測定”により打ち抜き性を評価したところ、表5に示す結果であった。

【0030】

【表5】

| 区分 | 打抜性 | |
|------|---------------------|-------------------|
| | 打抜き回数 | かえり高さ (μm) |
| 実施例1 | 2 × 10 ⁵ | 1.6 |
| 実施例2 | 2 × 10 ⁵ | 1.9 |
| 実施例3 | 2 × 10 ⁵ | 1.2 |
| 実施例4 | 2 × 10 ⁵ | 1.5 |
| 比較例1 | 2 × 10 ⁵ | 2.6 |
| 比較例2 | 2 × 10 ⁵ | 2.2 |

表5に示すように、実施例1～4ではかえり高さが比較的小さいのに対し、比較例1、2ではかえり高さが比較的大きなものとなっていた。

【0031】

【発明の効果】本発明による粉末成形軟磁性材料では、請求項1に記載しているように、ミクロポアの含有率が0.01面積%超過1面積%未満であるものとしたこと

により、打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0032】そして、請求項2に記載しているように、結晶粒径が100 μm 以下であるものとすることによって、打ち抜き加工性のほか冷間圧延加工性をも改善された粉末成形軟磁性材料を提供することが可能であるとい

う著大なる効果がもたらされる。

【0033】そしてまた、請求項3に記載しているように、板厚が0.3mm以下であるものとすることによつ

て、渦電流損失を大きくすることなく打ち抜き加工性が改善された粉末成形軟磁性材料を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。